

Mikko Räsänen

# **Upotettujen tienpintaheijastimien vaikutukset ajoneuvojen sivuttaissijaintiin ja nopeuksiin**

**Kokeilu valtatiellä 1**

Tiehallinnon selvityksiä 33/2003



Mikko Räsänen

# **Upotettujen tienpintaheijastimien vaikutukset ajoneuvojen sivuttaissijaintiin ja nopeuksiin**

**Kokeilu valtatiellä 1**

**Tiehallinnon selvityksiä 33/2003**

*Kannen kuva: Timo Unhola*

ISSN 1457-9871  
ISBN 951-803-094-4  
TIEH 3200821

ISSN 1459-1553 (www.tiehallinto.fi)  
ISBN 951-803-095-2 (www.tiehallinto.fi)  
TIEH 3200821-v (www.tiehallinto.fi)

Multiprint Oy  
Vaasa 2003

Julkaisua myy/saatavana:  
Tiehallinto, julkaisumyynti  
Telefaksi 0204 22 2652  
E-mail: julkaisumyynti@tiehallinto.fi

TIEHALLINTO  
Tekniset palvelut  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihte 0204 22 150

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin kokeellisesti valtatiellä 1 (tieosat 19 ja 20) suoralla tiejaksolla ja kaarteessa tien keskilinjan heijastimien vaikutuksia ajoneuvojen sivuttaissijaintiin ja nopeuksiin. Heijastimet liimattiin katkokeskiviivojen välissä tai sulkuviivan vieressä sijaitseviin jyrittyihin uriin, joiden leveys oli 105 mm, syvyys 15 mm ja pituus 1 m. Heijastimet paransivat tielinjan näkyvyyttä ja yhdessä urien kanssa aiheuttivat tärinää auton ajaessa niiden päältä. Heijastimien vaikutuksen oletettiin olevan suurin pimeällä. Aiempien tutkimusten perusteella arvioitiin, että mikäli ajoneuvojen sivuttaissijaintien keskihajonta pienenee, niin turvallisuus paranee toimenpiteen seurauksena. Toisaalta oletettiin, että jos nopeustaso nousee tielinjan näkyvyyden parantuessa, niin turvallisuus huononee.

Sivuttaissijainnin määrittämiseksi ohiajavat ajoneuvot kuvattiin piilotetuilla videokameroilla ennen tienpintaheijastimien asentamista ja sen jälkeen. Videokuvista mitattiin renkaan etäisyys reunaviivasta suoralla tiejaksolla ja kaarteessa. Lisäksi tiedostoon koodattiin jokaisen ajoneuvon tyyppi ja liikennetilanne (n=3 913). Ajoneuvojen nopeus mitattiin kuvauspaikkojen läheltä tiehen asennetuilla silmuilla ja DSL-laitteilla.

Ajoneuvojen sivuttaissijainneissa todettiin pieniä muutoksia, jotka eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Pimeällä vapaiden henkilöautojen (ei jonnossa, eikä vastaantulevaa liikennettä) keskihajonta pieneni sekä kaarteessa että suoralla enemmän kuin päivänvalossa. Lisäksi vapaiden henkilöautojen sijaintijakauma näytti siirtyvän hieman lähemmäksi tien keskilinjaa. Pimeällä ja päivänvalossa ohitusten määrät eivät muuttuneet. Heijastimien asentamisen jälkeen nopeustason kehitys ei myöskään poikennut kontrollikohteista.

Vapaiden henkilöautojen ajolinjat pimeällä ja päivänvalossa olivat erilaiset sekä ennen tienpintaheijastimien asentamista että sen jälkeen. Vasemmalle suuntautuvassa kaarteessa ajettiin pimeällä 40 - 60 cm lähempänä keskilinjaa kuin päivänvalossa, suoralla ero oli 25 - 35 cm. Pimeällä kaarteeseen ja suoran ajolinjat erosivat myös toisistaan: kaarteessa vapaat henkilöautot ajoivat keskimäärin 40 - 50 cm lähempänä keskiviiva kuin pimeällä suoralla.

Heijastimien turvallisuusvaikutuksen voidaan arvioida jääneen vähäiseksi. Tähän lienee kaksi syytä. Ensinnäkin urien ja heijastimien aiheuttama tärinä ja melu tuntuivat kohtalaisesti vain kapearenkaisissa ajoneuvoissa, joten kuljettajat eivät käytännössä saaneet riittävästi palautetta ajaessaan keskilinjan päällä. Toiseksi heijastimien paluuheijastuvuus oli parempi kuin tavallisten tiemerkin-  
töjen, mutta ne eivät kuitenkaan näkyneet kauemmaksi kuin tavalliset tiemerkin-  
nät. Ne paransivat pimeällä tien optista ohjausta lyhyellä etäisyydellä, mikä näkyi vapaiden henkilöautojen sijainnin keskihajonnan lievänä pienentymisenä.

Parempi tulos saavutettaisiin ilmeisesti hieman pidemmälle näkyvillä heijastimilla/tiemerkinnöillä (preview aika > 5 sek) ja leveämmällä keskilinjan tärinäprofiililla. Leveämpi keskilinjan tärinäprofiili a) hillitsisi mahdollista nopeuksien nousua kaventaessaan ajokaistoja; b) vähennettäisi tarkkaavaisuuskatkoksista aiheutuvia onnettomuuksia erityisesti pimeällä, jolloin ajetaan lähempänä keskilinjaa ja väsymysongelmat ovat yleisempiä. Ruotsissa aloitetaan tämänkaltaisen toimenpiteen kokeilu kahdella vajaan 10 km:n tiejaksolla, joissa ohittaminen on sallittu (katkokeskiviiva).



**Keywords:** Traffic safety, driver behaviour, profiled road marking

## SUMMARY

This field study was conducted along a curve and straight road section on highway 1, totalling 3.5 km. The aim of the study was to discover how centre-line road reflectors affect lateral positions and speeds of vehicles. Reflectors were glued in milled grooves between dash lines or beside the barrier line. The width of the grooves was 105 mm, depth 15 mm and length 1 m. Reflectors improved the visibility of the road alignment and together with the grooves caused a rumble effect when run over in order to prevent head-on accidents. It was hypothesised that the effect of reflectors was greatest in the dark and that a side effect could be a higher speed level following better road visibility.

Lateral positions were measured using unobtrusive video recordings before and after the installation of reflectors. The speeds were measured correspondingly with inductive loops near the lateral-position measurement sites. The variable speed limit was normally 100 km/h, controlled from the log file. Overtaking was permitted at measurement sites.

There were minor changes in the lateral positions of vehicles, but these were not statistically significant. The standard deviation of the lateral position of free passenger cars decreased more in the dark than during daylight after installation of reflectors. In addition, the distribution of lateral positions seemed to move closer to the centre line in the dark. The number of overtakings and speed level did not change.

The safety effect of road reflectors was estimated to be small. Two reasons may have contributed this outcome: First, the rumble effect was only noticeable in vehicles with narrow tyres. Therefore drivers did not get enough feedback when running over the centre line. Second, the retroreflectivity of the reflectors was better than normal road markings, but in the groove they did not show up earlier than normal markings. Reflectors improve road guidance over a short distance, which was seen in the moderate decrease of the standard deviation of lateral positions of free cars in the dark.

Better results could obviously be achieved with reflectors/road markings modestly visible further away (preview time > 5 sec.) and with a wider centre-line rumble profile. The wider profile would reduce the tendency for increased speed level when road guidance is improved and, above all, would reduce more effectively the number of accidents resulting from low driver vigilance.

## ESIPUHE

S 12 Pääteiden parantamisratkaisut -projektissa kehitetään mm. uusia tietyyppisiä ja suunnitteluperiaatteita kaksikaistaisille teille. Projektin yhtenä tavoitteena on selvittää, miten voitaisiin vähentää kaistalta pois ajautumisesta johtuvia onnettomuuksia.

Tässä raportissa tarkastellaan upotettujen tienpintaheijastimien vaikutuksia liikennekäyttäytymiseen valtatiellä 1. VTT Rakennus- ja yhdyskuntateknikassa työstä vastasi Mikko Räsänen. Veli-Pekka Kallberg ja Timo Unhola esittivät selventäviä kommentteja. Tiehallinnon yhdyshenkilö oli aluksi tieinsinööri Leif Beilinson ja työn loppuvaiheessa tieinsinööri Mikko Karhunen.

Helsingissä, kesäkuussa 2003

Tiehallinto  
Liikennetekniikka

---

## Sisältö

1	JOHDANTO	9
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	10
2.1	Tienpintaheijastimet	10
2.2	Tutkimuspaikka	11
2.3	Ajoneuvojen sivuttaissijainnin mittaaminen	13
2.4	Nopeusmittaukset	13
3	TULOKSET	15
3.1	Ajoneuvojen sivuttaissijainti	15
3.1.1	Sivuttaissijaintien jakaumat suoralla	17
3.1.2	Sivuttaissijaintien jakaumat kaarteessa	23
3.2	Ohitusten määrät	29
3.3	Nopeudet	31
3.3.1	Nopeudet hyvissä olosuhteissa	31
3.3.2	Nopeudet huonoissa olosuhteissa	34
4	YHTEENVETO JA TULOSTEN TARKASTELU	36
4.1	Vaikutus kaistalla pysymiseen ja ohituksiin	36
4.2	Vaikutus nopeustasoon	37
4.3	Tulosten arviointia	37
5	LÄHTEET	39





## 1 JOHDANTO

Valtatielle 1 Muurlan kohdalle asennettiin noin 10 kilometrin matkalle tienpintaheijastimia vuonna 2000. Haastatteluiden perusteella 85 prosenttia kuljettajista halusi lisätä tienpintaheijastimien käyttöä sekä reuna-, keski- että sulkuviivana. Positiivinen suhtautuminen johtui ilmeisesti siitä, että heijastimet helpottivat huomattavasti tielinjauksen hahmottamista pimeällä ja hämärässä (Kärki & Mäkinen 2001). Tämä voi kuitenkin johtaa suurempiin nopeuksiin ja liikenneturvallisuuden huonontumiseen (Ranta, Mäkinen & Malmivuo 1998). Toisaalta tienpintaheijastimien päälle ajettaessa syntyvä tärinä voi herättää kuljettajan ajautumasta pois kaistalta ja näin estää onnettomuuden synnyn. Tiemerkintöjen näkyvyyden ja niistä aiheutuvan tärinän välille pitäisi löytää oikea suhde, jotta nopeudet eivät nousisi mutta kaistalla pysyminen kuitenkin paranisi onnettomuuksien välttämiseksi.

Kaistalla pysymiseen liittyviä tutkimuksia selvitettiin aiemmassa kirjallisuuskatsauksessa (Räsänen 2002). Tiivistetysti voidaan todeta, että keskilinjaan tehtävillä toimenpiteillä on ilmeisesti suurempi vaikutus ajokäyttäytymiseen ja turvallisuuteen kuin reunalinjan toimenpiteillä. Sulkuviivatiejaksoilla ajoneuvon keskilinjaan ylityksiä voidaan vähentää erilaisilla keinoilla. Sen sijaan katkokeskiviiva tiejaksoille keinoja on vähemmän (tai tieosille missä ohitus on sallittu toiseen suuntaan). Muurlan kokeilussa heijastimet asennettiin tienpintaan koholle, jolloin aurauskalusto vaurioitti ja irrotti niitä. Tämä voidaan välttää upottamalla heijastimet uraan. Ura ja siinä sijaitsevat heijastimet aiheuttavat tärinää auton ajaessa niiden päältä. Valtatien 1 vanhaa heijastinkokeilua jatkettiin tällaisella toimenpiteellä.

Tienpintaheijastimet parantavat tielinjan näkyvyyttä pimeässä, jolloin kaistalla pysyminen perustuu muutenkin enemmän visuaaliseen informaatioon tiemerkinnöistä kuin tienäkymästä yleensä (Rumar & Marsh 1998). Voidaan olettaa, että mikäli ajoneuvojen sivuttaissijaintien hajonta pienenee niin turvallisuus paranee (kts. Ranta, Mäkinen & Malmivuo 1998). Tienpintaheijastimien vaikutus voi olla erilainen suoralla ja kaarteessa, koska jälkimmäisessä kuljettajan on kiinnitettävä enemmän huomioita kaistalla pysymiseen. Toimenpiteen turvallisuusvaikutuksen arvioimiseksi on kontrolloitava myös ajoneuvojen nopeudet, koska ajonopeuksien kasvu lisää onnettomuuksien määrää ja vakavuutta (Kallberg 2001).

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää miten jyrskittyyn uraan upotetut heijastimet vaikuttivat ajoneuvojen sivuttaissijaintiin ja nopeuksiin sekä suoralla tiejaksolla että kaarteessa erityisesti pimeällä.

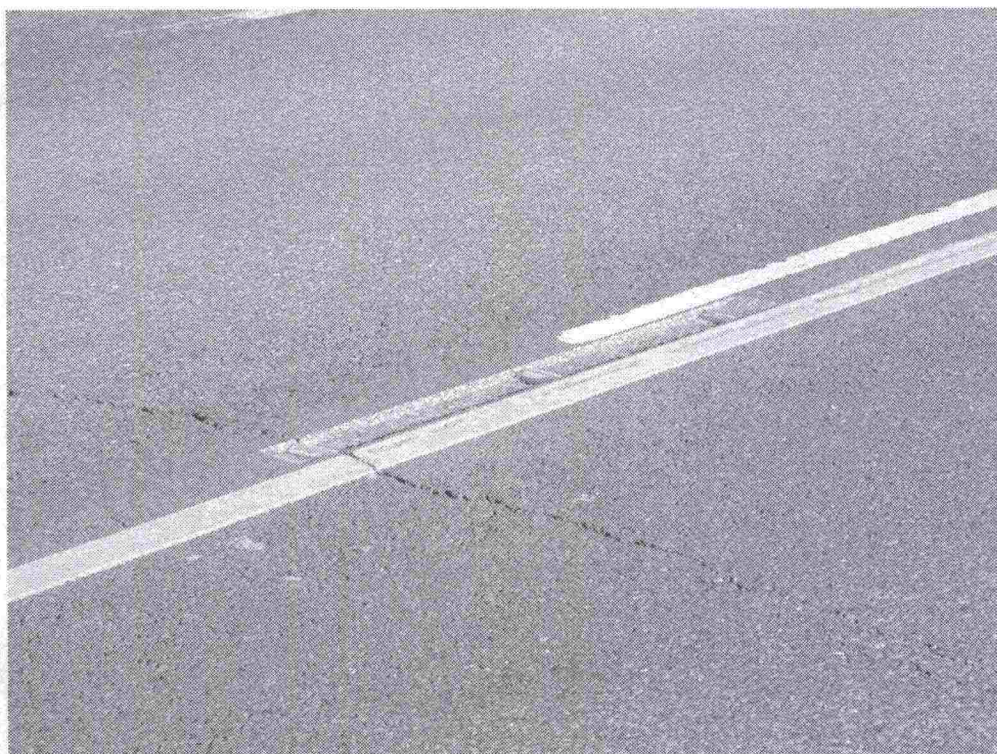
Tulosten perusteella arvioitiin toimenpiteen liikenneturvallisuusvaikutuksia.



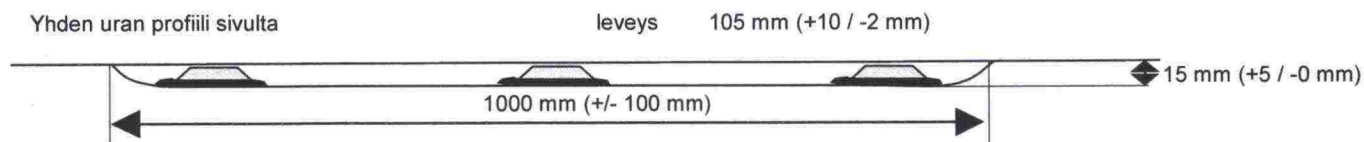
## 2 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1 Tienpintaheijastimet

Tienpintaheijastimia ja uran mitoitusta on esitelty kuvissa 1 ja 2. Upotettujen heijastimien toiminnallisista ominaisuuksista tehdään oma tutkimuksensa, jossa selvitetään paluuheijastuvuuksia, tärinää ja melua (Unhola 2002). Alustavien tuloksien mukaan merkintöjen paluuheijastuvuus oli huomattavasti parempi kuin tavallisten tiemerkkintöjen, erityisesti märkänä. Heijastimet ilmestyivät tasaisella tieosalla näkyviin alle sadan metrin etäisyydellä. Tärinää ja sisämelua toimenpide ei aiheuttanut muille kuin kapearenkaisille autoille. Ulkomelua uraheijastimet eivät lisänneet. (Unhola 2002).



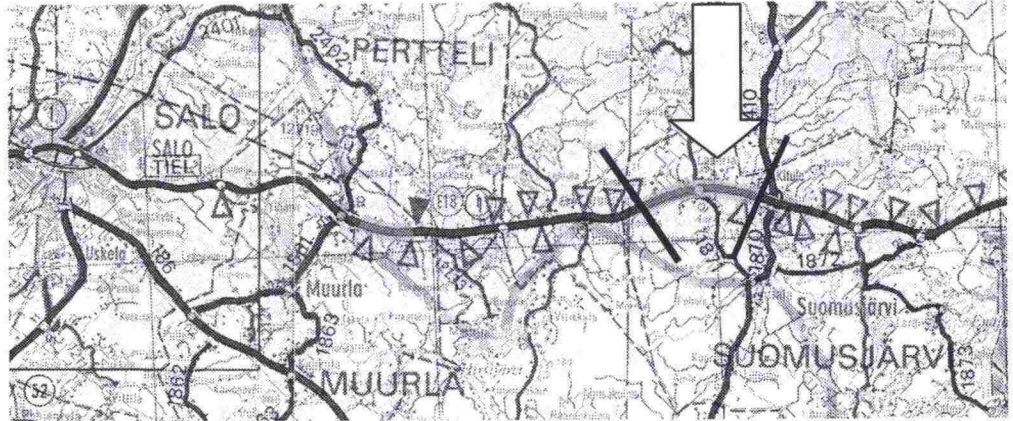
Kuva 1. Tienpintaheijastimet urassa.



Kuva 2. Uran mitoitus (Unhola 2002).

## 2.2 Tutkimuspaikka

Tutkimuspaikka sijaitsi valtatiellä 1 (tieosat 19-20) lähellä Suomusjärveä. Kaiken kaikkiaan upotettuja tienpintaheijastimia asennettiin 3,5 kilometrin matkalle (kuva 3).

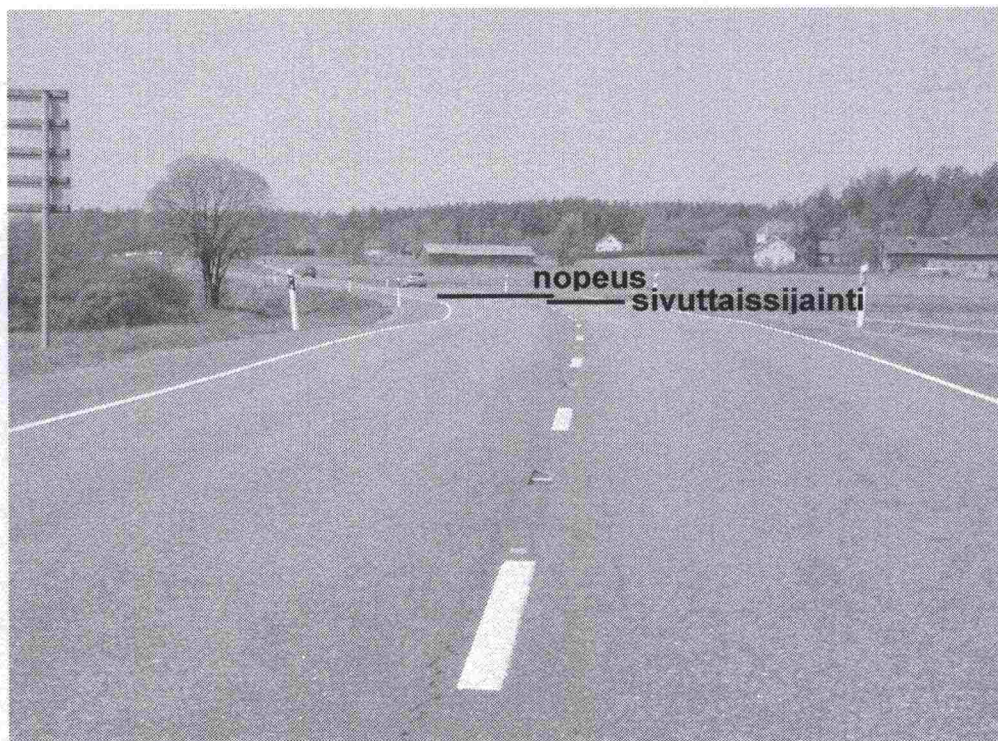


Kuva 3. Tutkimuksen koeosuus valtatiellä 1.

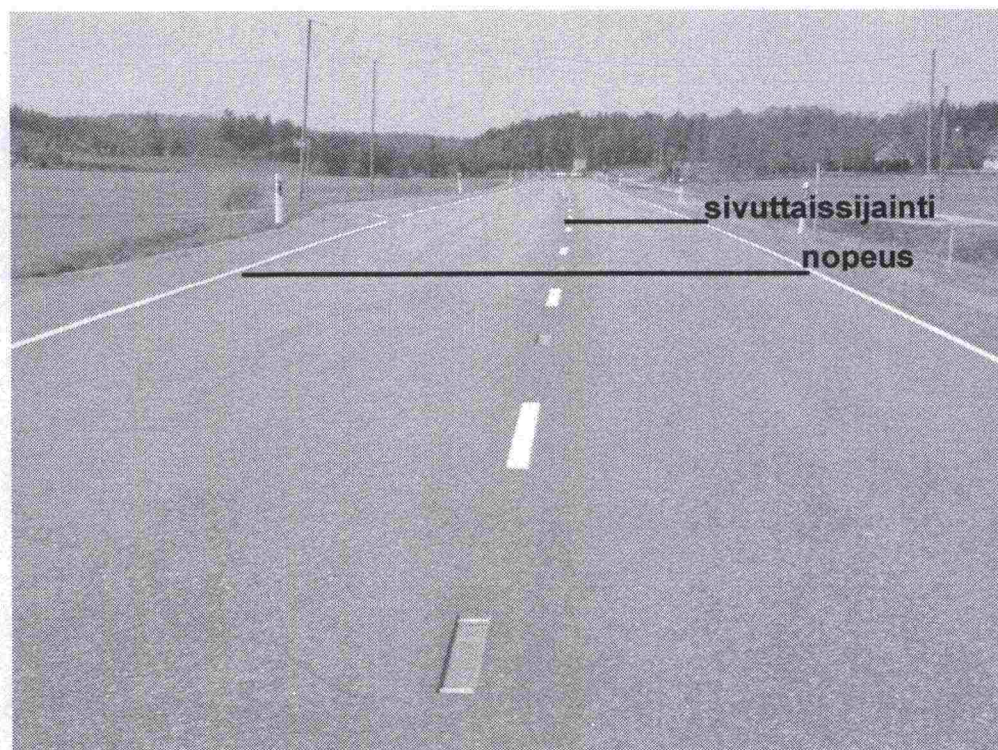
Mittauksia tehtiin Turun suuntaan vasemmalle suuntautuvassa kaarteessa ja sitä seuraavalla suoralla (kuvat 4 ja 5). Mittauspaikat sijaitsivat tieosuuksilla, joissa oli katkokeskiviiva. Kuvien osoittamissa kohdissa mitattiin ajoneuvojen sivuttaissijaintia ja nopeuksia. Sivuttaissijainti mitattiin Turun suuntaan, nopeudet mitattiin molempiin suuntiin.

Ennen kaarteessa sijainnutta mittauspaikkaa oli suoraa, laskevaa koetiejaksoa oli 600 m. Kaarresäde oli tierekisterin mukaan 1398 m ja pituus 244 m. Tasaisen kaarteeseen jälkeen tie jatkui 1300 metrin mittaisena loivasti nousevana suorana (suurin pituuskaltevuus 18 m/km). Suoran mittauspaikka oli 500 metrin päässä edellä mainitun suoran alusta. Päälystetyn tien leveys oli 9,8 m ja kaistan leveys 3,45 m.





Kuva 4. Kaarteen mittauspaikat Turun suuntaan.



Kuva 5. Suoran tiejakson mittauspaikat Turun suuntaan.



## 2.3 Ajoneuvojen sivuttaissijainnin mittaaminen

Tienpintaheijastimien mahdollinen vaikutus käyttäytymiseen on todennäköisesti suurin pimeän aikaan. Sen takia sivuttaissijaintien mittaukset tehtiin ilalla. Mittaukset aloitettiin kuitenkin valoisana aikana, mitä käytettiin kontrollina pimeän ajan mittauksille. Ennen-mittaukset tehtiin 2.10 ja 9.10 klo 19 - 22 ja jälkeen-mittaukset 5.11 ja 6.11 klo 16 - 20. Jälkeen mittauksen ajan kohtaa aikaistettiin, jotta myös jälkeen-aineistoon saatiin valoisaa ajan mittauksia (talviaikaan siirryttiin 27.10.2002). Näistä saatiin kerättyä suunniteltu aineisto (>500 ajoneuvoa / tutkimuksen vaihe sekä suoralla että kaarteessa). Mittauksen aikana keli oli kuiva.

Mittaukset suoritettiin Mini DV-videokameroilla kuvaamalla reunaviivaa ja auton oikeanpuoleisia renkaita. Kameran lähettivät infrapunavaloa, joka paransi näkyvyyttä pimeässä. Lisäksi tutkimuslinjoja valaistiin erillisillä infrapuna lampuilla. Piilotetut kamerat sijaitsivat reunapaalujen takana tolmissa noin puolen metrin korkeudella. Videokuvasta mitattiin reunaviivan ja renkaan välinen etäisyys. Mittauksien tarvitsema mittakaava osoitettiin mittakepillä ja tienpintaan tehdyillä merkinnöillä.

Muun liikenteen läheisyys vaikuttaa ajoneuvon sivuttaissijaintiin (Räsänen 2003). Sen takia sivuttaissijainnin mittauksen lisäksi jokaisen ohiajavan ajoneuvon liikennetilanne analysoitiin ja koodattiin tiedostoon. Ensimmäin katsottiin oliko ajoneuvo jonossa vai vapaa (alle 5 sekuntia edellä ajavaan). Sitten luokiteltiin vastaantulevan liikenteen tilanne: oliko alle 5 sekuntia ennen tai jälkeen ajoneuvon saapumista tutkimuspaikkaan vastaantulevaa liikennettä.

## 2.4 Nopeusmittaukset

Ajoneuvojen nopeudet mitattiin kaarteeseen ja suoralle asennetuilla silmu-koilla ja DSL-laitteilla. Nopeusaineisto kerättiin molempiin ajosuuntiin, jolloin siitä pystyttiin erottamaan myös ohitusten määrät silmukoiden kohdalla (ajosuunta eri kuin kaistan suunta). Nopeusmittauksia tehtiin 10.10-30.11 välisenä aikana. Ennen-aineistoon saatiin häiriöttömiä mittauksia viikon ajalta. Jälkeen-aineistona käytettiin 1.11-10.11 kerättyä aineistoa, koska aikaisen talven takia olosuhteet muuttuivat marraskuun myöhemmissä mittauksissa verrattuna lokakuun mittauksiin. Suoran ja kaarten mittauspäivät eivät olleet täysin samat, koska mittauslaitteet saatiin toimimaan hieman eri aikoina. Molemmista paikoista otettiin analyysiin kuitenkin seitsemän päivää ennen ja jälkeen toimenpiteen. Taulukossa 1 on esitetty liikennemäärät nopeusmittauksen aikana.

Taulukko 1. Liikennesuorite nopeusmittauksien aikana.

Suoralla	Ennen	Jälkeen	Yhteensä
Helsingin suuntaan	22052	20316	42368
pimeällä	6316	5671	11987
päivänvalossa	15736	14645	30381
Turun suuntaan	22559	21649	44208
pimeällä	6383	6025	12408
päivänvalossa	16176	15624	31800
Kaarteessa	Ennen	Jälkeen	Yhteensä
Helsingin suuntaan	23261	21811	45072
pimeällä	6587	5980	12567
päivänvalossa	16674	15831	32505
Turun suuntaan	22734	21328	44062
pimeällä	6228	5760	11988
päivänvalossa	16506	15568	32074

Aineistosta analysoitiin vapaiden ja jonossa ajaneiden autojen keskinopeuden muutos sekä pimeällä että päivänvalossa. Pimeän ajaksi määriteltiin klo 19-7 ja päivänvaloksi klo 8-16 (auringon nousu- ja laskuajat Helsingissä vaihtelivat tutkimusajankohtina 7:40 - 8:12 ja 16:02 - 18:27, talviaikaan siirryttiin 27.10.2002).

Tutkimustieosalla oli muuttuva rajoitus, joten kulloinenkin nopeusrajoitustieto oli yhdistettävä DSL-dataan. Nopeuden kontrollipisteinä käytettiin Sysimet-sän (1/015/00500, nopeusrajoitus 80 km/h) ja Muurlan (1/021/03240, muuttuva rajoitus) LAM-asemien nopeustietoja. Keli kontrolloitiin tutkimustiejaksolla sijaitsevan tiesääaseman tiedoilla. Huonojen keliolosuhteiden vertailua vaikeutti niiden vähyys ennen-jaksolla, jolloin oli vain yksi huonomman kelin päivä.

Tutkimuksessa käytettiin t-testiä sivuttaissijaintien ja nopeuksien keskiarvoihin; sijaintien keskihajontaan Levenen varianssin F-testiä ja ohitusten määrään Khiin neliötestiä. Taulukoissa tilastollisesti merkitsevät muutokset on osoitettu tähdillä.

### 3 TULOKSET

Upotettujen tienpintaheijastimien vaikutuksia ajokäyttäytymiseen tarkasteltiin ajoneuvojen sivuttaissijainnin, ohitusten määrän ja nopeuksien osalta.

#### 3.1 Ajoneuvojen sivuttaissijainti

Mittauksilla selvitettiin mihin suuntaan reunaviivasta (ja samalla myös keskilinjasta) autojen sivuttaissijainti siirtyi keskilinjan heijastimien/tärinän takia. Taulukossa 2 on esitetty sivuttaissijaintien mittausten määrät ajoneuvoryhmittäin ennen tienpintaheijastimien asentamista ja sen jälkeen. Yhteensä mitattiin 3913 ajoneuvon sivuttaissijainti.

*Taulukko 2. Mitattujen sivuttaissijaintien määrät ajoneuvoryhmittäin.*

Suoralla	Ennen	Jälkeen	Yhteensä
henkilöauto	697	620	1317
pakettiauto	119	129	248
kuorma-auto	169	140	309
linja-auto	20	22	42
kevyt yhdistelmä	12	4	16
<b>Yhteensä</b>	<b>1017</b>	<b>915</b>	<b>1932</b>
Kaarteessa	Ennen	Jälkeen	Yhteensä
henkilöauto	676	711	1387
pakettiauto	114	106	220
kuorma-auto	168	147	315
linja-auto	19	23	42
kevyt yhdistelmä	12	5	17
<b>Yhteensä</b>	<b>989</b>	<b>992</b>	<b>1981</b>

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty kaikkien ajoneuvojen liikennetilanteet sivuttaissijaintien mittausten aikana pimeällä ja päivänvalossa. Parhaiten mahdollisista käyttäytymismuutoksista kertoivat tilanteet, joissa vastaan ei ollut tulossa muuta liikennettä.



Taulukko 3. Liikennetilanteet sivuttaissijaintien mittausten aikana suoralla.

Pimeä	Ennen	Jälkeen	Yhteensä
Vapaat	389	324	713
ei vastaantulevaa	279	220	499
vastaantulevaa liikennettä	110	104	214
Jonossa	169	265	434
ei vastaantulevaa	117	196	313
vastaantulevaa liikennettä	52	69	121
Jonossa %-osuus	30,3	45,0	37,8
Vastaan tulevaa liikennettä %-osuus	29,0	29,4	29,2
Päivänvalo	Ennen	Jälkeen	Yhteensä
Vapaat	227	145	372
ei vastaantulevaa	145	85	230
vastaantulevaa liikennettä	82	60	142
Jonossa	232	181	413
ei vastaantulevaa	147	119	266
vastaantulevaa liikennettä	85	62	147
Jonossa %-osuus	50,5	55,5	52,6
Vastaantulevaa liikennettä %-osuus	36,4	37,4	36,8



Taulukko 4. Liikennetilanteet sivuttaissijaintien mittausten aikana kaarteessa.

Pimeä	Ennen	Jälkeen	Yhteensä
Vapaat	391	321	712
ei vastaantulevaa	302	219	521
vastaantulevaa liikennettä	89	102	191
Jonossa	174	259	433
ei vastaantulevaa	137	191	328
vastaantulevaa liikennettä	37	68	105
Jonossa %-osuus	30,8	44,7	37,8
Vastaantulevaa liikennettä %-osuus	22,3	29,3	25,9
Päivänvalo	Ennen	Jälkeen	Yhteensä
Vapaat	228	184	412
ei vastaantulevaa	151	105	256
vastaantulevaa liikennettä	77	79	156
Jonossa	196	228	424
ei vastaantulevaa	138	124	262
vastaantulevaa liikennettä	58	104	162
Jonossa %-osuus	46,2	55,3	50,7
Vastaantulevaa liikennettä %-osuus	31,8	44,4	38,0

### 3.1.1 Sivuttaissijaintien jakaumat suoralla

Taulukossa 5 on esitetty ajoneuvojen sivuttaissijainnit eri liikennetilanteissa pimeällä.

- Vapaiden henkilöautojen kohdalla ei tapahtunut merkitseviä muutoksia suoralla.
- Keskihajonta pieneni kuitenkin tienpintaheijastimen asentamisen jälkeen kokonaan vapaiden (ei vastaantulevaa) henkilöautojen kohdalla 5 cm ja tilanteissa, joissa oli vastaantulevaa liikennettä lähes 10 cm.
- Henkilöautojen ajaessa jonossa eikä vastaan ollut tulossa liikennettä keskimääräinen sivuttaissijainti siirtyi noin kymmenen senttiä tien reunaan päin.
- Sama suuntaus näkyi kaikissa kuorma- ja pakettiautojen keskimääräisissä sivuttaissijainneissa, kun vastaan ei ollut tulossa liikennettä vaikkakaan erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

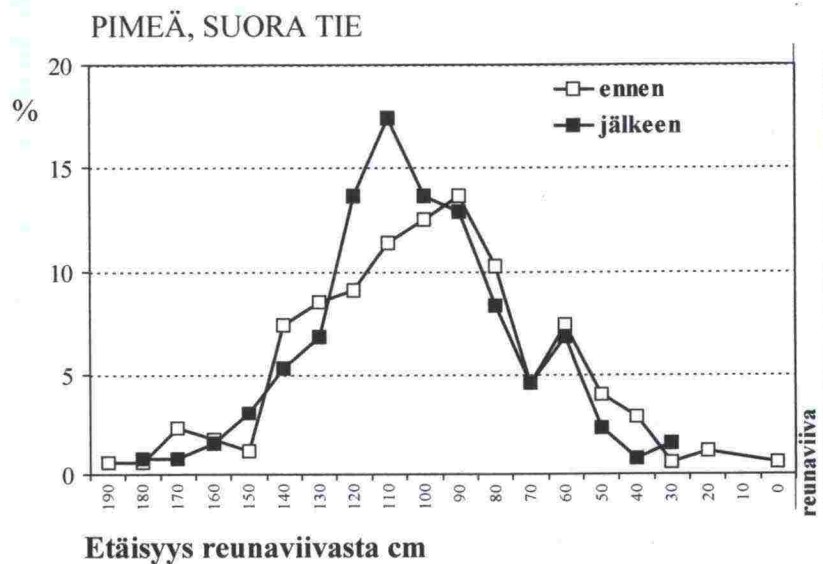
- Kaikissa ajoneuvoryhmissä vastaantuleva liikenne siirsi ajolinjoja noin 10–25 cm oikealle ennen tienpintaheijastimien asentamista ja sen jälkeen verrattuna tilanteeseen, jossa ei ollut vastaantulevia. Ainoa poikkeus tästä oli pakettiautot jonossa tienpintaheijastimien asentamisen jälkeen.

Taulukko 5. Ajoneuvojen sivuttaissijaintien keskiarvot ja -hajonnat pimeällä suoralla (oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta)

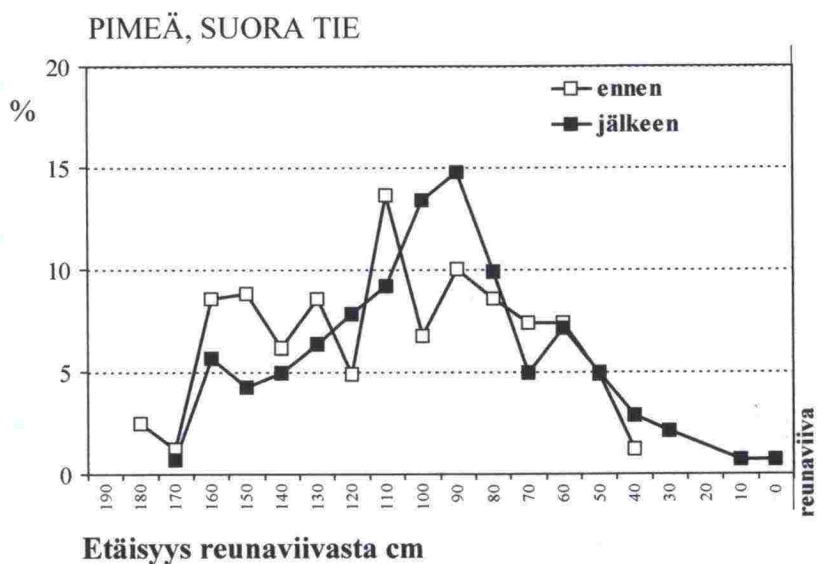
Henkilöautot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	95,6	35,7	238	97,3	29,9	192	1,7	-5,8*
ei vastaan tulevaa	101,7	33,2	176	104,8	28,2	132	3,1	-5,0
vastaan tulevaa liikennettä	78,2	36,9	62	80,8	27,1	60	2,6	-9,8*
Jonossa,	105,7	37,3	114	93,9	35,6	190	-11,8**	-1,7
ei vastaan tulevaa	111,9	36,0	82	100,0	34,7	142	-11,9*	-1,3
vastaan tulevaa liikennettä	89,8	36,2	32	75,8	32,2	48	-14,0	-4,0
Kuorma-autot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	35,2	20,4	82	27,8	18,7	72	-7,4*	-1,7
ei vastaan tulevaa	38,4	19,5	54	32,0	18,3	54	-6,4	-1,2
vastaan tulevaa liikennettä	28,9	20,8	28	19,8	17,0	25	-9,1	-3,8
Jonossa,	33,5	18,8	27	28,3	18,3	30	-5,2	-0,5
ei vastaan tulevaa	39,7	16,7	17	34,0	19,2	20	-5,7	2,5
vastaan tulevaa liikennettä	23,0	9,5	10	17,0	9,5	10	-6,0	0
Paketti-autot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	83,5	35,9	53	76,1	34,6	43	-7,4	-1,3
ei vastaan tulevaa	91,7	38,0	38	82,5	33,3	28	-9,2	-4,7
vastaan tulevaa liikennettä	62,7	17,7	15	64,0	34,7	15	1,3	17
Jonossa,	83,5	25,2	20	75,0	27,2	38	-8,5	2,0
ei vastaan tulevaa	92,1	26,3	12	76,1	27,1	27	-16,0	0,8
vastaan tulevaa liikennettä	70,6	17,8	8	72,3	28,6	11	1,7	10,8

\*P<0.05; \*\*P<0.01

Kuvasta 6 näkyy, että kokonaan vapaiden henkilöautojen sivuttaissijainnin jakaumassa ei tapahtunut suuria muutoksia. Jakauman huippu oli hieman lähempänä tien keskilinjaa. Jonossa ajaneiden osalta suuntaus oli lievästi oikealle kohti tien reunaan (kuva 7).

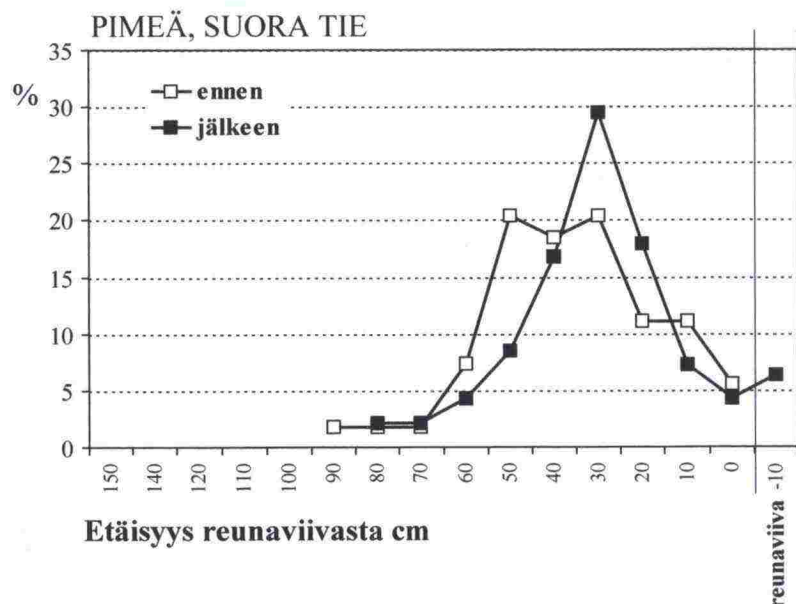


Kuva 6. Vapaiden henkilöautojen (ei jonossa, eikä vastaantulevaa liikennettä) oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta.

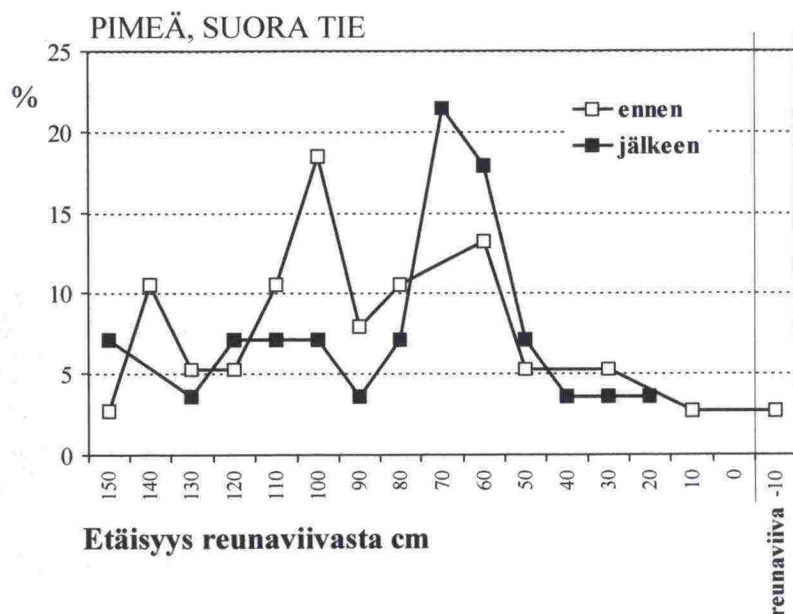


Kuva 7. Jonossa ajaneiden henkilöautojen (ei vastaantulevaa liikennettä) oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta.

Kuorma-autojen ja pakettiautojen osalta tienpintaheijastimen asentamisen jälkeen jakauma näytti myös siirtyvän oikealle (kuvat 8 ja 9).



Kuva 8. Vapaiden kuorma-autojen (ei jonossa, eikä vastaantulevaa liikennettä) oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta.



Kuva 9. Vapaiden paketti-autojen (ei jonossa, eikä vastaantulevaa liikennettä) oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta

Pimeään lisäksi ajoneuvojen sijaintia kaistalla tarkasteltiin kontrollina päivänvalossa. Tilastollisesti merkitseviä muutoksia ei tapahtunut, kun sijainteja tarkasteltiin liikennetilanteittain (taulukko 6, kuvat 10 ja 11). Tärkeää on kuitenkin huomata, että valoisana aikana vapaiden henkilöautojen keskihajonta ei pienentynyt, vaikka pimeällä vastaava keskihajonta pienentyi 5 - 10 cm

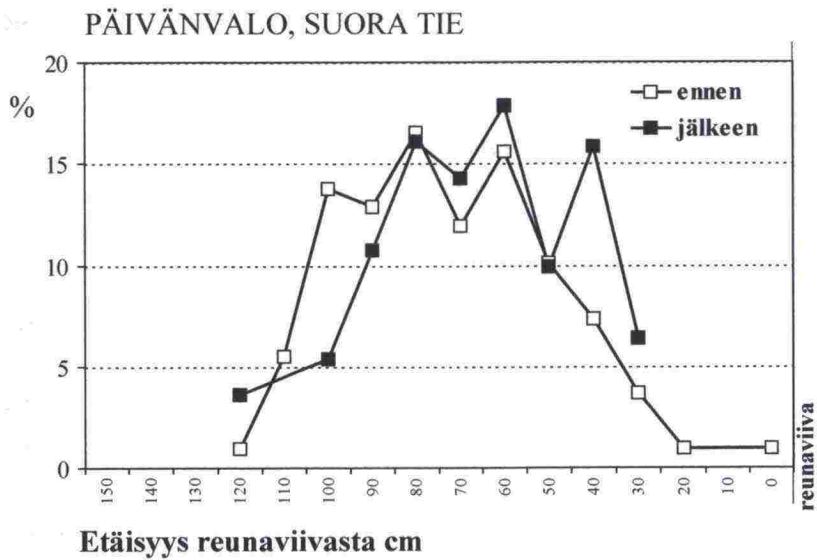


tienpintaheijastimien asentamisen jälkeen. Päivänvalossa henkilöautot ajoivat 25-35 cm lähempänä tienreunaa kuin pimeällä.

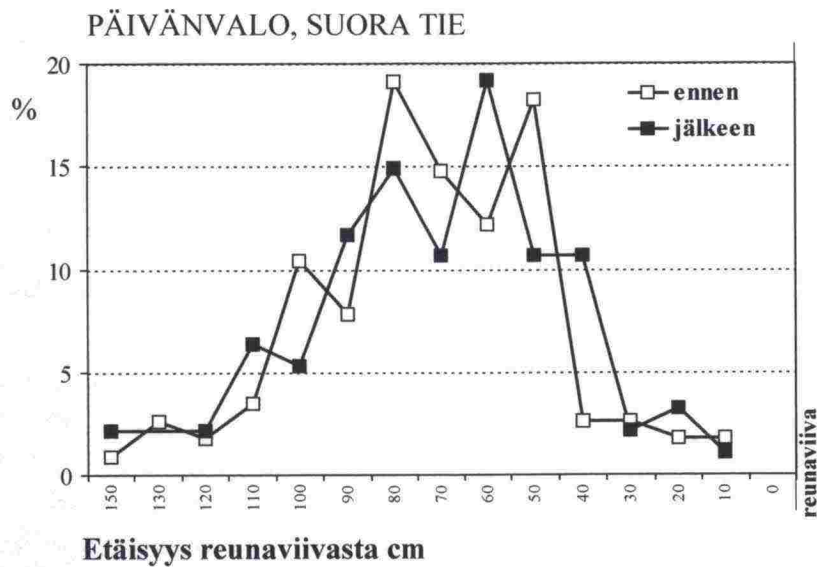
*Taulukko 6. Ajoneuvojen sivuttaissijaintien keskiarvot ja -hajonnat päivänvalossa suoralla (oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta)*

Henkilöautot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	70,9	23,8	159	63,3	22,9	93	-7,6*	-0,9
ei vastaan tulevaa	75,0	23,3	109	68,8	22,0	56	-6,2	-1,3
vastaan tulevaa liikennettä	62,0	22,6	50	55,3	22,3	37	-6,7	-0,3
Jonossa,	71,7	27,8	176	69,3	27,7	137	-2,4	-0,1
ei vastaan tulevaa	75,4	25,7	115	72,6	26,5	94	-2,8	0,8
vastaan tulevaa liikennettä	64,7	30,5	61	62,0	29,0	43	-2,7	-1,5
Kuorma-autot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	22,8	13,1	41	31,2	15,3	29	8,4	2,2
ei vastaan tulevaa	25,5	12,2	20	33,3	12,7	18	7,8	0,5
vastaan tulevaa liikennettä	20,2	13,7	21	27,7	19,0	11	7,5	5,3
Jonossa,	26,6	16,6	19	16,1	19,8	9	-10,5	3,2
ei vastaan tulevaa	29,6	19,4	11	11,3	14,4	4	-18,3	-5
vastaan tulevaa liikennettä	22,5	11,7	8	20,0	24,2	5	-2,5	12,5
Paketti-autot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	58,9	25,6	18	53,1	25,3	21	-5,8	-0,3
ei vastaan tulevaa	67,5	24,4	12	60,0	21,6	10	-7,5	-2,8
vastaan tulevaa liikennettä	41,7	19,4	6	46,8	27,7	11	5,1	8,3
Jonossa,	59,4	27,0	26	52,7	31,5	26	-6,7	4,5
ei vastaan tulevaa	58,6	18,1	14	64,2	36,5	13	5,6	18,4
vastaan tulevaa liikennettä	60,4	35,6	12	41,2	21,1	13	-19,2	-14,5

\*P<0.05



Kuva 10. Vapaiden henkilöautojen (ei jonossa, eikä vastaantulevaa liikennettä) oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta.



Kuva 11. Jonossa ajaneiden henkilöautojen (ei vastaantulevaa liikennettä) oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta.

### 3.1.2 Sivuttaissijaintien jakaumat kaarteessa

Kaarteessa tehtiin vastaavat mittaukset kuin suoralla vastaavina ajankohtina. Taulukossa 7 on esitetty ajoneuvojen sivuttaissijainnit eri liikennetilanteissa kaarteessa pimeällä. Vapaiden henkilöautojen sijaintien keskihajonta pieneni kaarteessa saman suuntaisesti kuin suoralla, joskin muutos oli pienempi eikä merkitsevä. Jonossa ajaneiden henkilöautojen (ei vastaantulevaa) sijaintien keskihajonta pieneni 6 cm ja ajolinja siirtyi noin 10 senttiä vasemmalle. Jonossa ajaneiden henkilöautojen ajolinjat kaarteessa siirtyivät siis eri suuntaan kuin suoralla.

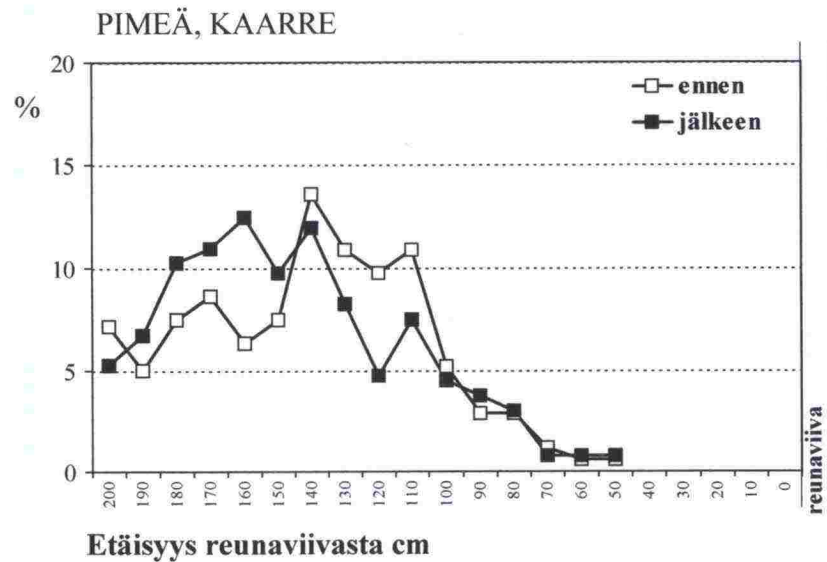
*Taulukko 7. Ajoneuvojen sivuttaissijaintien keskiarvot ja -hajonnat pimeällä kaarteessa (oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta)*

Henkilöautot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	138,3	37,6	230	142,5	36,0	200	4,2	-1,6
ei vastaantulevaa	144,4	36,1	175	150,2	34,7	134	5,8	-1,4
vastaantulevaa liikennettä	119,0	35,9	55	127,0	33,5	66	8,0	-2,4
Jonossa,	129,7	38,6	114	138,6	34,3	185	8,9*	-4,3
ei vastaan tulevaa	132,7	37,2	93	144,1	31,2	133	11,0*	-6,0*
vastaan tulevaa liikennettä	116,4	42,6	21	124,3	37,8	52	7,9	-4,8
Kuorma-autot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	57,0	31,0	77	48,9	27,7	75	-8,1	-3,3
ei vastaan tulevaa	62,1	32,1	60	56,2	28,8	54	-5,9	-3,3
vastaan tulevaa liikennettä	39,1	18,0	17	30,0	10,7	21	-9,1	-7,3*
Jonossa,	48,5	30,5	30	52,1	38,8	29	3,6	8,3
ei vastaan tulevaa	57,9	26,1	17	57,0	39,5	25	-0,9	13,4
vastaan tulevaa liikennettä	36,2	32,4	13	21,3	8,5	4	-14,9	-23,9
Paketti-autot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	122,5	39,1	55	124,4	39,1	34	1,9	0
ei vastaan tulevaa	129,7	37,6	43	133,8	36,3	21	4,1	-1,3
vastaan tulevaa liikennettä	96,7	34,3	12	109,2	40,1	13	13,0	5,8
Jonossa,	116,8	36,4	22	117,0	37,1	30	0,2	0,7
ei vastaan tulevaa	124,5	32,4	19	123,4	34,4	19	-1,1	2,0
vastaan tulevaa liikennettä	68,3	18,9	3	105,9	40,6	11	38,0	21,7

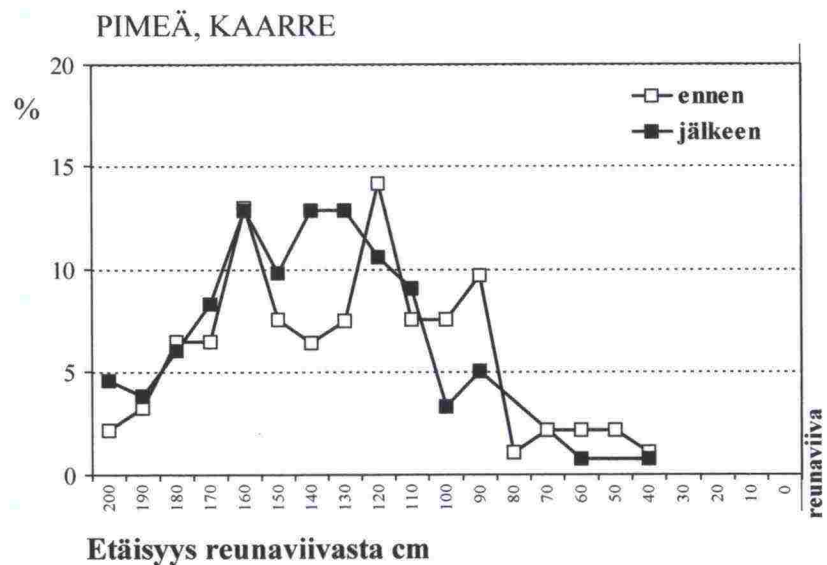
\*P<0.05

Samalla tavalla kuin suoralla, vapaiden henkilöautojen ajolinjat näyttivät siirtyvän hieman lähemmäksi keskilinjaa kaarteessa (kuva 12). Pimeällä kaarteessa vapaiden henkilöautojen keskimääräiset sivuttaissijainnit olivat 40 - 50 cm lähempänä keskiviiva kuin pimeällä suoralla sekä ennen tienpintaheijastimien asentamista että sen jälkeen. Jonossa ajaneiden henkilöautojen jakauma oli ennen tienpintaheijastimien asentamista selvemmin kaksi huippuinen kuin sen jälkeen (kuva 13). Vapaiden kuorma-autojen jakaumassa ei tapahtunut muutoksia (kuva 14).

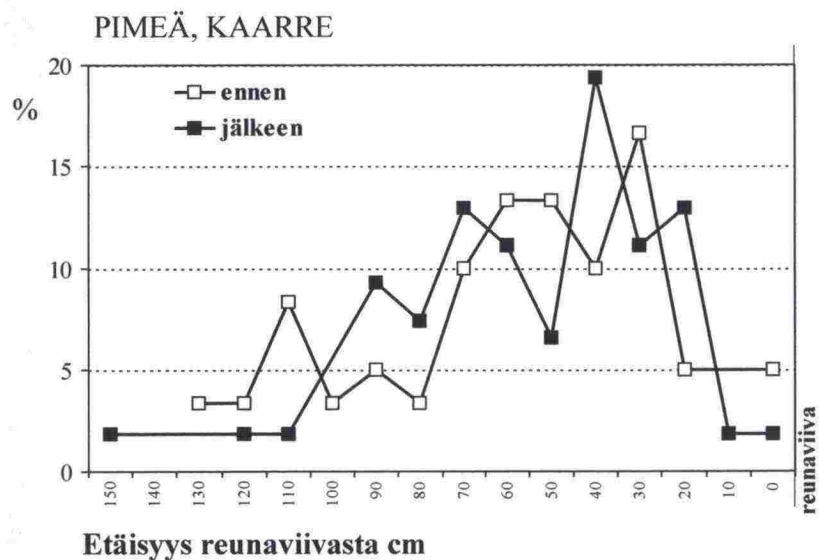




Kuva 12. Vapaiden henkilöautojen (ei jonossa, eikä vastaantulevaa liikennettä) oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta pimeällä kaarteessa.



Kuva 13. Jonossa ajaneiden henkilöautojen (ei vastaantulevaa liikennettä) oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta pimeällä kaarteessa.



Kuva 15. Vapaiden kuorma-autojen (ei jonossa, eikä vastaantulevaa liikennettä) oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta

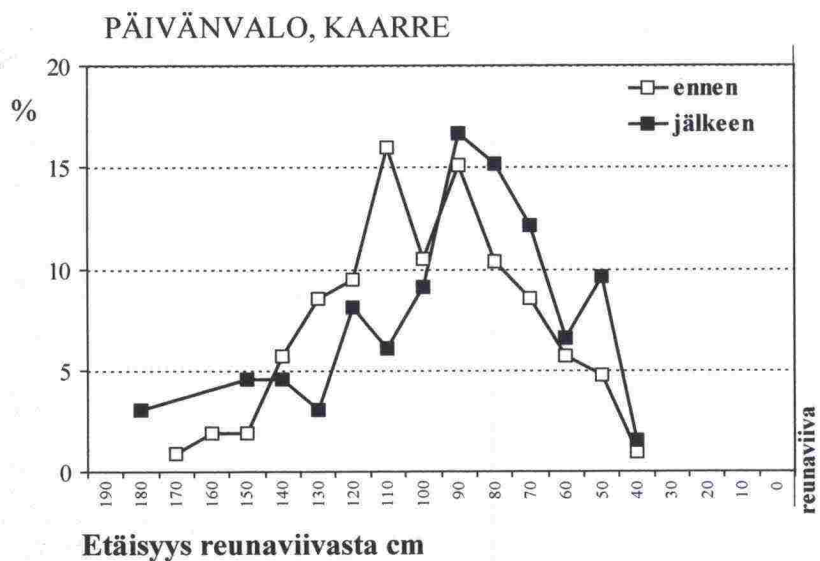
Pimeän lisäksi ajoneuvojen sijaintia kaarteessa tarkasteltiin kontrollina päivänvalossa (taulukko 8). Kokonaan vapaiden henkilöautojen (ei vastaantulevaa liikennettä) sijaintien keskihajonta suurentui hieman päivällä, kun pimeällä se pieneni. Kaarteessa vapaiden henkilöautojen ajolinjojen ero pimeällä ja päivänvalossa oli vielä suurempi kuin suoralla. Kaarteessa ajolinjat olivat pimeällä 40 - 60 cm kauempana tienreunasta kuin päivänvalossa, kun suoralla ero oli 25 - 35 cm.

Sivuttaissijaintien jakaumat kaarteessa päivänvalossa on esitetty kuvissa 16 ja 17.

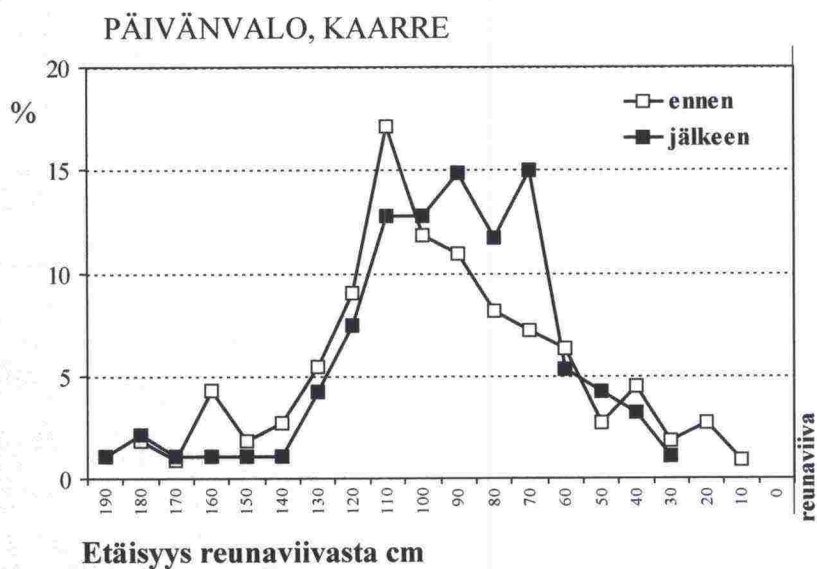
*Taulukko 8. Ajoneuvojen sivuttaissijaintien keskiarvot ja -hajonnat päivänvalossa kaarteessa (oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta)*

Henkilöautot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	95,8	29,7	151	84,7	30,4	122	-11,1**	0,7
ei vastaantulevaa	102,2	28,7	106	95,8	31,7	66	-6,4	3,0
vastaantulevaa liikennettä	80,6	26,8	45	71,5	22,9	56	-9,1	-3,9
Jonossa,	94,9	36,6	156	85,2	31,9	179	-9,7*	-4,7
ei vastaan tulevaa	99,3	36,7	111	95,9	31,0	94	-3,4	-5,7
vastaan tulevaa liikennettä	83,9	34,4	45	73,4	28,7	85	-10,5	-5,7
Kuorma-autot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	43,9	17,9	45	37,0	18,6	27	-6,9	0,7
ei vastaan tulevaa	50,2	19,5	25	46,2	16,1	13	-4,0	-3,4
vastaan tulevaa liikennettä	36,0	11,9	20	28,6	17,1	14	-7,4	5,2
Jonossa,	40,9	25,6	16	44,1	24,1	16	3,2	-1,5
ei vastaan tulevaa	49,5	28,2	10	61,4	18,2	7	12,0	-10,0
vastaan tulevaa liikennettä	26,7	12,1	6	30,6	19,3	9	3,9	7,2
Paketti-autot	Ennen			Jälkeen			Muutos	
	ka	s	n	ka	s	n	ka	s
Vapaat,	85,0	29,9	19	85,9	35,4	22	0,9	5,5
ei vastaan tulevaa	93,3	29,9	12	93,3	32,3	15	0	2,4
vastaan tulevaa liikennettä	70,7	25,7	7	70,0	39,2	7	-0,7	13,5
Jonossa,	77,9	23,9	17	75,8	30,6	19	-2,1	6,7
ei vastaan tulevaa	85,4	21,9	12	83,3	30,6	12	-2,1	8,7
vastaan tulevaa liikennettä	60,0	20,0	5	62,9	28,0	7	2,9	8,0

\*P<0.05; \*\*P<0.01



Kuva 16. Vapaiden henkilöautojen (ei jonossa, eikä vastaantulevaa liikennettä) oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta.



Kuva 17. Jonossa ajaneiden henkilöautojen (ei vastaantulevaa liikennettä) oikean eturenkaan etäisyys reunaviivan vasemmasta reunasta.



### 3.2 Ohitusten määrät

Urissa sijaitsevat tienpintaheijastimet voisivat vaikuttaa ohitusten määrän. Taulukoissa 9 ja 10 on esitetty henkilö- ja pakettiautojen suorittamien ohitusten määrät pimeällä ja päivänvalossa, suoran ja kaarteen DSL-mittauspisteissä. Merkitseviä eroja ei löytynyt (Khiin neliötesti). Jonossa ajaneiden henkilö- ja pakettiautojen osuus kaarteessa vähentyi jälkeentilanteessa molempiin suuntiin. Ohitusten määrä vähentyi saman suuntaisesti.

*Taulukko 9. Henkilö- ja pakettiautojen suorittamat ohitukset suoralla*

Pimeällä	Ennen	Jälkeen	Yhteensä
Helsingin suuntaan			
ei ohitusta	4891	4377	9268
ohitus	5	8	13
Jonossa %-osuus	34,4	29,2	32,0
Turun suuntaan			
ei ohitusta	4992	4684	9676
ohitus	24	28	52
Jonossa %-osuus	39,1	38,2	38,7
Päivänvalossa	Ennen	Jälkeen	Yhteensä
Helsingin suuntaan			
ei ohitusta	13616	12591	26207
ohitus	22	32	54
Jonossa %-osuus	50,9	48,2	49,6
Turun suuntaan			
ei ohitusta	13608	13053	26661
ohitus	62	58	120
Jonossa %-osuus	59,5	61,2	60,3

*Taulukko 10. Henkilö- ja pakettiautojen suorittamat ohitukset kaarteessa.*

<b>Pimeällä</b>	<b>Ennen</b>	<b>Jälkeen</b>	<b>Yhteensä</b>
Helsingin suuntaan			
ei ohitusta	5098	4621	9719
ohitus	114	90	204
Jonossa %-osuus	33,8	31,0	32,5
Turun suuntaan			
ei ohitusta	5050	4673	9723
ohitus	24	23	47
Jonossa %-osuus	38,1	35,5	36,9
<b>Päivänvallossa</b>	<b>Ennen</b>	<b>Jälkeen</b>	<b>Yhteensä</b>
Helsingin suuntaan			
ei ohitusta	14357	13606	27963
ohitus	245	226	471
Jonossa %-osuus	51,3	49,9	50,6
Turun suuntaan			
ei ohitusta	13982	12981	26963
ohitus	44	32	76
Jonossa %-osuus	63,3	61,4	62,4

### 3.3 Nopeudet

Nopeustarkastelut tehtiin myös erikseen pimeään ja päivänvalon aikana. Lisäksi keliolosuhteilla voi olla merkitystä. Ennen jaksolla ei ollut yhtään lumista tai jäistä keliä. Yhtenä päivänä keli oli huonompi, kun tienpinta oli kostea ja suolattu. Tienpintaheijastimien asentamisen jälkeen huonot kelit ja suolaus olivat yleisempiä. Nopeusvertailuissa eri kelit eroteltiin tutkimustiejaksolla sijaitsevan tiesääaseman tietojen perusteella. Nopeudet kontrolloitiin lähimpien, valtatie 1 LAM-asemien tiedoilla (Sysimetsä ja Muurla)

#### 3.3.1 Nopeudet hyvissä olosuhteissa

Taulukoissa 11 ja 12 on esitetty ajoneuvojen nopeudet pimeällä ja valoisan aikana kuivalla kelillä rajoituksen ollessa 100 km/h. Vapaiden ajoneuvojen keskinopeudet suoralla pimeällä alenivat Helsingin suuntaan 2,2 km/h ja Turun suuntaan 0,8 km/h. Vastaavat luvut kaarteissa olivat 0,9 km/h ja 0,8 km/h. Keskinopeuden aleneminen oli valoisan aikana vielä suurempaa kuin pimeällä sekä vapaiden että jonossa ajaneiden ajoneuvojen kohdalla molempiin suuntiin. Vain kaarteissa vapaiden ajoneuvojen kohdalla Helsingin suuntaan näin ei tapahtunut.

*Taulukko 11. Ajoneuvojen keskinopeudet ja -hajonnat pimeällä vaihtuvan rajoituksen ollessa 100 km/h ja keli kuiva*

Suoralla	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Helsingin suuntaan	91,8	11,2	4887	90,2	10,6	2442	-1,6***
vapaat	93,7	11,6	3261	91,5	10,9	1740	-2,2***
jonossa	88,3	9,4	1626	87,1	8,8	702	-1,2**
Turun suuntaan	92,4	10,7	4941	91,8	10,7	3571	-0,6*
vapaat	94,5	11,2	3112	93,7	11,5	2221	-0,8
jonossa	88,8	8,8	1829	88,7	8,4	1350	-0,1
Kaarteissa	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Helsingin suuntaan	93,1	10,9	5793	93,0	10,8	1510	-0,1
vapaat	94,4	11,5	3901	93,5	11,2	1196	-0,9*
jonossa	90,4	9,2	1892	91,1	8,9	314	0,7
Turun suuntaan	92,7	10,2	5010	92,6	10,3	2348	-0,1
vapaat	94,8	10,5	3191	94,0	10,7	1652	-0,8*
jonossa	89,0	8,4	1819	89,0	8,7	696	0

\*P<0.05; \*\*P<0.01; \*\*\*P<0.001



Taulukko 12. Ajoneuvojen keskinopeudet ja -hajonnat päivänvalossa vaihtuvan rajoituksen ollessa 100 km/h ja keli kuiva

Suoralla	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Helsingin suuntaan	93,5	9,3	12592	90,5	10,0	9530	-3,0***
vapaat	95,1	9,7	6472	92,1	10,4	5200	-3,0***
jonossa	91,7	8,5	6120	88,6	9,2	4330	-3,1***
Turun suuntaan	92,1	9,2	12831	90,7	9,6	11149	-1,4***
vapaat	94,5	9,9	5755	93,1	10,4	4741	-1,4***
jonossa	90,2	8,2	7076	88,9	8,5	6408	-1,3***
Kaarteessa	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Helsingin suuntaan	93,4	9,7	14285	93,1	9,8	6491	-0,3*
vapaat	94,3	10,3	7170	94,0	10,4	3488	-0,3
jonossa	92,5	9,0	7115	92,1	8,9	3003	-0,4
Turun suuntaan	92,8	8,8	12511	91,1	8,6	8529	-1,7***
vapaat	95,5	9,1	5204	93,5	9,1	3619	-2,0***
jonossa	90,8	8,0	7307	89,2	7,8	4910	-1,6***

\*P&lt;0.05; \*\*\*P&lt;0.001

Kontrollikohteessa Muurlassa vapaiden ajoneuvojen keskinopeudet pimeällä alenivat Helsingin suuntaan 1,0 km/h ja Turun suuntaan 1,7 km/h (taulukko 13). Vastaavasti toisessa kontrollikohteessa, Sysimetsässä luvut olivat 0,9 km/h ja 1,5 km/h (taulukko 14). Myös Muurlassa keskinopeuksien alentuminen oli suurempaa päivänvalossa kuin pimeällä paitsi jonossa Helsingin suuntaan. Sysimetsässä keskinopeudet alenivat päivällä enemmän kuin pimeällä vain Helsingin suuntaan.

*Taulukko 13. Ajoneuvojen keskinopeudet ja -hajonnat vaihtuvan rajoituksen ollessa 100 km/h ja keli kuiva Muurlan LAM-asemalla.*

Pimeä	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Helsingin suuntaan	93,2	10,8	4904	92,4	10,8	3145	-0,8**
vapaat	95,1	11,1	3022	94,1	10,7	2189	-1,0**
jonossa	90,1	9,6	1882	88,5	9,3	956	-1,6***
Turun suuntaan	90,8	10,1	4862	89,2	10,2	3774	-1,6***
vapaat	91,7	10,4	3371	90,0	10,9	2660	-1,7***
jonossa	88,7	9,3	1491	87,2	9,8	1114	-1,5***
Päivänvalo	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Helsingin suuntaan	93,7	11,0	11620	92,0	10,5	7666	-1,7***
vapaat	96,2	10,1	5160	94,7	9,9	3411	-1,5***
jonossa	91,6	11,3	6460	89,8	10,4	4255	-1,8***
Turun suuntaan	90,0	10,2	12845	86,6	11,0	11018	-3,4***
vapaat	91,3	10,3	6593	88,3	10,9	5497	-3,0***
jonossa	88,6	9,9	6252	85,0	10,8	5521	-3,6***

\*P<0.05; \*\*P<0.01; \*\*\*P<0.001

*Taulukko 14. Ajoneuvojen keskinopeudet ja -hajonnat Sysimetsän LAM-asemalla (kiinteä 80 km/h rajoitus)*

Pimeä	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Helsingin suuntaan	93,6	9,5	4534	93,0	9,7	2831	-0,6*
vapaat	94,3	10,1	3130	93,4	10,2	2150	-0,9***
jonossa	92,1	8,1	1404	91,9	7,8	681	-0,2
Turun suuntaan	92,5	10,5	5255	91,3	10,8	3995	-1,2***
vapaat	94,4	11,3	3091	92,9	10,9	2498	-1,5***
jonossa	89,8	8,9	2164	88,7	9,9	1497	-1,1***
Päivänvalo	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Helsingin suuntaan	93,2	8,3	12996	92,0	8,3	8553	-1,2***
vapaat	93,4	8,9	6314	92,3	8,6	4523	-1,1***
jonossa	93,0	7,6	6682	91,6	8,0	4030	-1,4***
Turun suuntaan	90,8	8,6	13426	90,5	8,7	11817	-0,3**
vapaat	92,4	8,9	5883	92,1	8,8	5267	-0,3
jonossa	89,6	8,1	7543	89,2	8,5	6550	-0,4**

\*P<0.05; \*\*P<0.01; \*\*\*P<0.001

### 3.3.2 Nopeudet huonoissa olosuhteissa

Taulukossa 15 on esitetty ajoneuvojen keskinopeudet pimeällä vaihtuvan rajoituksen ollessa 80 km/h ja keli kostea + suolainen. Suoralla vapaiden ajoneuvojen keskinopeus oli 3 km/h suurempi tienpintaheijastimen asentamisen jälkeen ja kaarteessa vastaavasti 3,5 km/h.

*Taulukko 15. Ajoneuvojen keskinopeudet ja -hajonnat pimeällä vaihtuvan rajoituksen ollessa 80 km/h ja keli kostea + suolainen.*

Suoralla	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Turun suuntaan	87,4	9,1	242	89,8	9,6	497	2,4***
vapaat	87,6	9,6	187	90,6	10,1	368	3,0***
jonossa	86,9	7,2	55	87,7	7,5	129	0,8
Kaarteessa	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Turun suuntaan	88,3	8,2	197	90,9	10,0	320	2,6***
vapaat	88,8	8,9	142	92,3	10,4	219	3,5***
jonossa	87,2	6,3	55	87,7	8,1	101	0,5

\*\*\*P<0.001

Taulukossa 16 on esitetty ajoneuvojen keskinopeudet kontrollikohteissa. Muurlassa vaihtuva nopeusrajoitus ei ollut ennen-vaiheessa 80 km/h, joten vertailu jouduttiin tekemään 100 km/h nopeusrajoituksella kelin ollessa kostea ja suolainen. Vapaiden ajoneuvojen keskinopeudet nousivat kuitenkin samalla tavalla (4,3 km/h) kuin tutkimuskohteessa. Sysimetsässä nopeuksissa ei tapahtunut merkitseviä muutoksia, mutta suunta oli nouseva. Sysimetsässä kostean kelin keskinopeudet olivat selvästi lähempänä kuivan kelin nopeuksia kuin muissa mittauspisteissä.



*Taulukko 16. Ajoneuvojen keskinopeudet ja -hajonnat pimeällä, kelin ollessa kostea + suolainen Muurlan ja Sysimetsän LAM-asemilla.*

Muurla	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Turun suuntaan	85,1	9,7	260	88,8	9,2	343	3,7***
vapaat	85,2	10,1	220	89,5	9,3	243	4,3***
jonossa	84,7	7,4	40	87,1	8,7	100	2,4
Sysimetsä	Ennen			Jälkeen			Muutos
	ka	s	n	ka	s	n	ka
Turun suuntaan	92,4	12,6	264	94,1	11,0	428	1,7
vapaat	93,1	13,8	197	94,5	11,3	197	1,4
jonossa	90,4	7,7	67	93,0	9,9	110	2,6

\*\*\*P<0.001

## 4 YHTEENVETO JA TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksessa selvitettiin kokeellisesti valtatietä 1 (tieosat 19 ja 20) suoralla tiejaksolla ja kaarteissa keskilinjaan upotettujen tienpintaheijastimien vaikutuksia ajoneuvojen sivuttaissijaintiin ja nopeuksiin. Mittaukset tehtiin ennen heijastimien asentamista ja sen jälkeen. Heijastimien vaikutuksen oletettiin olevan suurin pimeällä.

### 4.1 Vaikutus kaistalla pysymiseen ja ohitukseen

Ajoneuvojen sivuttaissijainneissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia, kun niitä tarkasteltiin liikennetilanteittain. Suuntaus oli kuitenkin se, että pimeällä vapaiden henkilöautojen (ei jonossa, eikä vastaantulevaa liikennettä) keskihajonta pieneni sekä vasemmalle suuntautuvassa kaarteissa että suoralla enemmän kuin päivänvalossa. Lisäksi vapaiden henkilöautojen sijaintijakauma näytti siirtyvän hieman lähemmäksi tien keskilinjaa. Ohitusten määrät eivät muuttuneet.

Tienpintaheijastimien vaikutuksen kaistalla pysymiseen voidaan arvioida jääneen pieneksi. Tähän on luultavasti kaksi syytä. Ensinnäkin urien ja heijastimien aiheuttama ääni ja melu tuntui kohtalaisesti vain kapearenkaisissa ajoneuvoissa, joten kuljettajat eivät käytännössä saaneet riittävästi palautetta ajaessaan keskilinjan päällä. Toiseksi heijastimien paluuheijastuvuus oli parempi kuin tavallisten tiemerkinöiden, mutta ne eivät kuitenkaan näkyneet aikaisemmin kuin tavalliset tiemerkinnot sijaitessaan urissa. Ne paransivat tien optista ohjausta lyhyellä etäisyydellä, joka näkyi tuloksissa vapaiden henkilöautojen sijaintien keskihajonnan lievänä pientymisenä pimeällä mutta ei päivänvalossa. Voimakkaampi ääni olisi ilmeisesti vaikuttanut sekä pimeällä että päivänvalossa. Myös ohitusten määrä olisi tällöin todennäköisesti vähentynyt.

On kuitenkin huomattava, että sivuttaissijainti mittaukset tehtiin hyvissä keliolosuhteissa. Heijastimien vaikutus ajoneuvojen sijaintiin voi olla suurempi pimeällä märällä tiellä, jolloin ne näkyvät erityisen hyvin.

Pimeän ja päivänvalon ajolinjoilla oli selvä ero sekä ennen tienpintaheijastimien asentamista että sen jälkeen. Kaarteissa ajettiin pimeällä 40 - 60 cm lähempänä keskilinjaa kuin päivänvalossa, suoralla ero oli 25 - 35 cm.

Pimeällä kaarten ja suoran ajolinjat erosivat myös selvästi toisistaan: kaarteissa vapaiden henkilöautojen keskimääräiset sivuttaissijainnit olivat 40 - 50 cm lähempänä keskiviivaa kuin pimeällä suoralla.

## 4.2 Vaikutus nopeustasoon

Hyvissä keliolosuhteissa vapaiden ajoneuvojen keskinopeudet suoralla pimeällä alenivat Helsingin suuntaan 2,2 km/h ja Turun suuntaan 0,8 km/h tienpintaheijastimien asentamisen jälkeen. Vastaavat luvut kaarteissa olivat 0,9 km/h ja 0,8 km/h. Keskinopeuden aleneminen oli yleensä suurempaa päivänvalossa kuin pimeällä sekä vapaiden että jonossa ajaneiden ajoneuvojen kohdalla.

Kontrollikohteessa Muurlassa vapaiden ajoneuvojen keskinopeudet pimeällä alenivat Helsingin suuntaan 1,0 km/h ja Turun suuntaan 1,7 km/h. Vastavasti toisessa kontrollikohteessa, Sysimetsässä luvut olivat 0,3 km/h ja 1,5 km/h. Muurlassa vapaiden ajoneuvojen keskinopeuksien alentuminen oli myös suurempaa päivänvalossa kuin pimeällä.

Upotettujen tienpintaheijastimien asentamisen jälkeen nopeustason kehitys ei näyttänyt poikkeavan kontrollikohteista.

Huonommissa keliolosuhteissa pimeällä ja vaihtuvan nopeusrajoituksen ollessa 80 km/h vapaiden ajoneuvojen keskinopeus oli 3 km/h suurempi suoralla tienpintaheijastimen asentamisen jälkeen ja vastaavasti 3,5 km/h kaarteissa. Vapaiden ajoneuvojen keskinopeudet nousivat kuitenkin samalla tavalla Muurlan kontrollikohteessa (4,3 km/h). Sysimetsän kontrollikohteessa nopeudet nousivat, joskaan eivät merkittävästi. Siellä keli ei ollut ilmeisesti yhtä huono, kun nopeudet olivat lähellä kuivan kelin tasoa sekä ennen että jälkeen.

Tienpintaheijastimien paluuheijastuvuus pimeällä märkänä oli selvästi parempi kuin tavallisten tiemerkinntöjen (Unhola 2002). Tämä voisi selittää nopeustason nousun huonolla kelillä, koska tielinjan näkyvyyden parantumisen on joskus todettu johtavan nopeuksien nousuun. Tosin Muurlassa tapahtui samanlainen nousu, jolloin nousu ei luultavasti johtunut tienpintaheijastimisesta. Syy voi olla se, että lokakuun ennen mittauksen huono keli oli syksyn ensimmäisiä, ja suurella osalla ajoneuvoista ei ollut vielä nastarenkaita. Kuljettajat olivat tällöin ehkä varovaisempia kuin jälkeenmittauksen aikana, jolloin nastarenkaat olivat jo yleisempiä.

## 4.3 Tulosten arviointia

Edellä kuvattujen seikkojen perusteella voidaan todeta, että upotetuilla tienpintaheijastimilla ei ollut suurta vaikutusta ajokäyttäytymiseen. Toteutettu toimenpide paransi optista ohjausta lyhyellä etäisyydellä, joka ei näyttänyt merkittävästi vaikuttavan sivuttaissijaintiin ja nopeuksiin. Parempi tulos voitaisiin luultavasti saavuttaa hieman pidemmälle näkyvillä heijastimilla/tiemerkinnöillä ja kaistojen kaventamisella tärinäprofiilia leventämällä.



Tämä tarkoittaa ainakin 5 sekunnin preview aikaa eli 100 km/h nopeudella merkintä pitäisi näkyä vähintään 140 metrin etäisyydellä (Rumar & Marsh 1998). Samalla kaistoja pitäisi kaventaa, esimerkiksi 30 cm leveällä keskilinan tärinäprofiililla. Tämä hillitsisi mahdollista nopeuksien nousua optisen ohjauksen parannuttua ja samalla vähennettäisiin tarkkaavaisuuskatkoksista aiheutuvia onnettomuuksia. Sulkuviivojen kohdalla 30 cm leveästä tärinäviivasta saatiin hyviä kokemuksia (Räsänen 2003).

Ruotsissa aloitetaankin tutkimus keskilinan tärinäviivasta kaksikaistaisella tiellä (Anund 2003). Kahdelle koetiejaksolle (7 ja 9,9 km pitkät, tien leveys 9 m) keskilinjaan suunnitellaan jyrstävän puolen metrin välein 1,3 cm syviä uria. Urien leveys olisi 35 cm. Tutkimustiejaksoilla keskilinjassa on vain katkokeskiviiva. Kohtaamisonnettomuuksien ja vasemmalle suistumisten vähentäminen edellyttää kuljettajia "herättäviä" toimenpiteitä myös tiejaksoille, joissa ohittaminen on sallittu.

## 5 LÄHTEET

- Anund, A. (2003). *En räfflad mittlinje*. Sähköpostiviesti M. Räsäselä 11.5.2003
- Kallberg, V.-P. (2001). *Ajonopeuksien vaikutus liikenneturvallisuuteen*. Esi-  
telmä Auto- ja liikennetoimittajat ry:n liikenneturvallisuusseminaarissa 8.-  
10.11.2001.
- Kärki, O. & Mäkinen, T. (2001). *Ensikokemukset ja mielipiteet tienastoista*.  
*Kokeilu valtatiellä 1*. Tiehallinnon selvityksiä 74/2001.
- Ranta, S., Mäkinen, T., & Malmivuo, M. (1998). *Palautetta antavat tiemer-  
kinnät suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksien torjunnassa*. Tielaitoksen  
selvityksiä 1/1998.
- Rumar, K., & Marsh, D. K. (1998). *Lane Markings in Night Driving*. UMTRI-  
98-50. Michigan: The University of Michigan, Transport Research Institute.
- Räsänen, M. (2002). *Reuna- ja keskilinjän tahattomien ylitysten vähentämi-  
nen*. Tiehallinnon selvityksiä 56/2002.
- Räsänen, M. (2003). *Tärinäsulkuviivan vaikutukset ajoneuvojen sivuttaissi-  
jaintiin ja nopeuksiin kaarteessa*. Painossa. Tiehallinto.
- Unhola, T (2002). *Upotettujen tienpintaheijastimien koe Vt 1:llä. Tutkimuksen  
tilanne 2002 lopulla*. Tilanneraportti 18.12.2002.

ISSN 1457-9871  
ISBN 951-803-094-4  
TIEH 3200821